



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **11126449 A**(43) Date of publication of application: **11 . 05 . 99**

(51) Int. Cl.

G11B 21/21
H01L 41/09
H01L 41/12

(21) Application number: **09306375**(22) Date of filing: **22 . 10 . 97**(71) Applicant: **AGENCY OF IND SCIENCE &
TECHNOL TOKIN CORP**

(72) Inventor: **IJIMA TAKASHI
 ARAI KENICHI
 INOUE MITSUTERU
 OTSUKI ETSUO
 TAMURA MITSUO
 TANI JUNJI
 ABE TOSHIHIKO**

(54) **FUNCTIONAL ELEMENT COMPOSED OF
 COMPOSITE LAYER OF MAGNETOSTRICTIVE
 AND PIEZOELECTRIC MATERIALS, AND
 MAGNETIC HEAD EQUIPPED WITH THE
 ELEMENT**

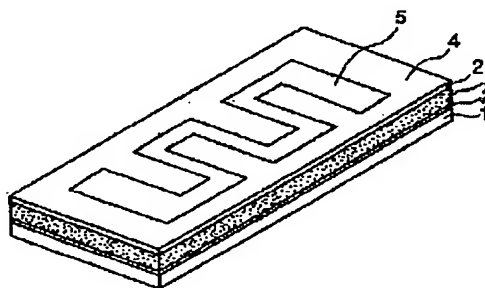
quantity is known by impressing a high frequency carrier
 at both ends of a Mianda pattern and detecting inductance.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To enable a minute displacement or minute contact pressure to be controlled without being affected by hysteresis or the change with time by laminating a piezoelectric material and a magnetostriction material, detecting a change in the former material with the latter, and feeding back to the control voltage of the piezoelectric material.

SOLUTION: A PZT based piezoelectric ceramic 3, which is a piezoelectric body with an electrode 2 formed on both faces and polarized, is stuck to one face of an elastic substrate 1 composed of glass to form an actuator. On the top of it, an amorphous film 5, a magnetostriction film, is sputtered through an insulation film 4 of SiO₂ to form a deformation sensor. With a voltage applied to the electrode 2 of the actuator, varying the applied voltage in positive and negative directions, the ceramic plate 3 bends vertically. Since the amorphous film 5 changes in magnetic permeability in accordance with the deflection of the elastic substrate 1, its deflection



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-126449

(43)Date of publication of application : 11.05.1999

(51)Int.Cl.

G11B 21/21
H01L 41/09
H01L 41/12

(21)Application number : 09-306375

(71)Applicant : AGENCY OF IND SCIENCE & TECHNOL
TOKIN CORP

(22)Date of filing : 22.10.1997

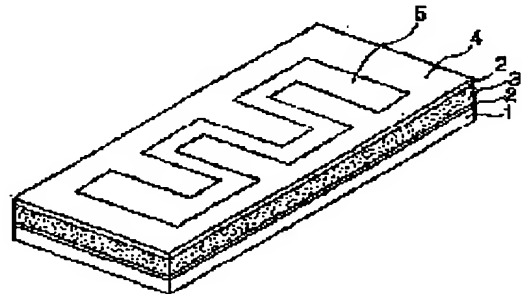
(72)Inventor : IIJIMA TAKASHI
ARAI KENICHI
INOUE MITSUTERU
OTSUKI ETSUO
TAMURA MITSUO
TANI JUNJI
ABE TOSHIHIKO

(54) FUNCTIONAL ELEMENT COMPOSED OF COMPOSITE LAYER OF MAGNETOSTRICTIVE AND PIEZOELECTRIC MATERIALS, AND MAGNETIC HEAD EQUIPPED WITH THE ELEMENT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To enable a minute displacement or minute contact pressure to be controlled without being affected by hysteresis or the change with time by laminating a piezoelectric material and a magnetostriction material, detecting a change in the former material with the latter, and feeding back to the control voltage of the piezoelectric material.

SOLUTION: A PZT based piezoelectric ceramic 3, which is a piezoelectric body with an electrode 2 formed on both faces and polarized, is stuck to one face of an elastic substrate 1 composed of glass to form an actuator. On the top of it, an amorphous film 5, a magnetostriction film, is sputtered through an insulation film 4 of SiO₂ to form a deformation sensor. With a voltage applied to the electrode 2 of the actuator, varying the applied voltage in positive and negative directions, the ceramic plate 3 bends vertically. Since the amorphous film 5 changes in magnetic permeability in accordance with the deflection of the elastic substrate 1, its deflection quantity is known by impressing a high frequency carrier at both ends of a Mianda pattern and detecting inductance.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 22.10.1997

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 2896127

[Date of registration] 05.03.1999

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-126449

(43) 公開日 平成11年(1999) 5月11日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

G 1 1 B 21/21

H 0 1 L 41/09

41/12

F I

G 1 1 B 21/21

H 0 1 L 41/12

41/08

Z

C

M

審査請求 有 請求項の数7 F D (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平9-306375

(22) 出願日 平成9年(1997)10月22日

(71) 出願人 000001144

工業技術院長

東京都千代田区霞が関1丁目3番1号

(74) 上記1名の復代理人 弁理士 小越 勇 (外1名)

(71) 出願人 000134257

株式会社トーキン

宮城県仙台市太白区郡山6丁目7番1号

(74) 上記1名の代理人 弁理士 小越 勇

(72) 発明者 飯島 高志

宮城県仙台市宮城野区苦竹4丁目2番1号
東北工業技術研究所内

最終頁に続く

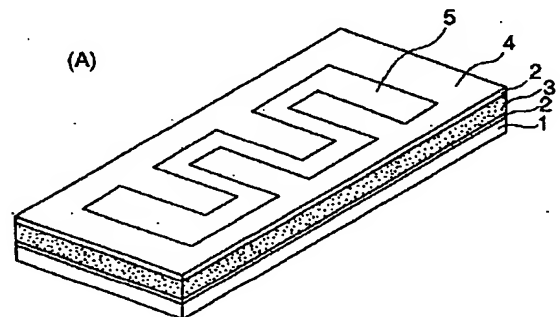
(54) 【発明の名称】 磁歪材料と圧電体材料との複合層からなる機能素子及び同素子を備えた磁気ヘッド

(57) 【要約】

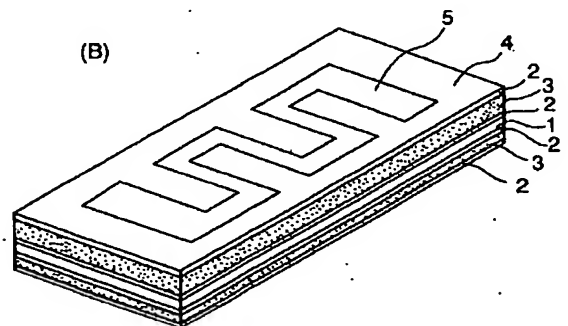
【課題】 簡単な構造で変位を検知し、それを駆動電源にフィードバックし、常に必要とする変位量を指定できる機能素子およびそれを用いた磁気ヘッドを提供する。

【解決手段】 アクチュエータ素子として機能する圧電体材料とセンサー機能を有する磁歪材料を積層し、圧電体材料の歪みまたは変形による変位を磁歪材料により検出して電気信号に変換し、これを圧電体材料の制御電圧にフィードバックして積層体の変位を修正する。

(A)



(B)



【特許請求の範囲】

【請求項1】 アクチュエータ素子として機能する圧電体材料とセンサー機能を有する磁歪材料を積層し、圧電体材料の歪みまたは変形による変位を磁歪材料により検出して電気信号に変換し、これを圧電体材料の制御電圧にフィードバックして積層体の変位を修正することを特徴とする磁歪材料と圧電体材料との複合層からなる機能素子。

【請求項2】 磁気ディスクと一定の接触圧力をもって機能する接触型磁気ヘッドの駆動機構の一部に、アクチュエータ素子として機能する圧電体材料と変位センサー機能を有する磁歪材料を1または複数個形成し、磁気ディスクとの接触によって生ずる圧電体材料の歪みまたは変形を磁歪材料により検出して電気信号に変換し、これを圧電体材料のアクチュエータにフィードバックして圧電体材料の変位を修正することにより、磁気ヘッドを磁気ディスクに対して一定の接触圧力をもって接触させること、及び又は圧電体材料の歪みまたは変形による変位で磁気ヘッドの位置を磁気ディスクに対して水平方向に微少制御すると同時に、この変位量の基準からのずれを磁歪材料により検出して電気信号に変換し、これを圧電体材料のアクチュエータにフィードバックして圧電体材料の変位を修正することにより、磁気ヘッド部と磁気ディスク面のトラックとの位置関係を微少調節することを特徴とする磁歪材料と圧電体材料との複合層からなる機能素子を備えた磁気ヘッド。

【請求項3】 磁気ディスクと一定の間隔をもって機能する浮上型磁気ヘッドの駆動機構の一部に、アクチュエータ素子として機能する圧電体材料と変位センサー機能を有する磁歪材料を1または複数個形成し、圧電体材料の歪みまたは変形による変位で磁気ヘッドの位置を磁気ディスクに対して垂直方向及び又は水平方向に微少制御すると同時に、この変位量の基準からのずれを磁歪材料により検出して電気信号に変換し、これを圧電体材料のアクチュエータにフィードバックして圧電体材料の変位を修正することにより、磁気ヘッド部の記録媒体に対する間隔及び又は磁気ディスク面内のトラックとの位置関係を微少調節することを特徴とする磁歪材料と圧電体材料との複合層からなる機能素子を備えた磁気ヘッド。

【請求項4】 圧電体材料及び又は磁歪材料がバルク材であることを特徴とする請求項1～3のそれぞれに記載の機能素子又は該機能素子を備えた磁気ヘッド。

【請求項5】 圧電体材料及び又は磁歪材料が薄膜であることを特徴とする請求項1～3のそれぞれに記載の機能素子又は該機能素子を備えた磁気ヘッド。

【請求項6】 磁歪材料がFe-Co-Si-B系合金のアモルファスであることを特徴とする請求項1～5のそれぞれに記載の機能素子又は該機能素子を備えた磁気ヘッド。

【請求項7】 圧電体材料の歪みまたは変形による変位

を磁歪材料により、1MHz～2GHzの高周波キャリアを使用して検出することを特徴とする請求項1～6のそれぞれに記載するの機能素子又は該機能素子を備えた磁気ヘッド。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、光通信、光磁気記録、磁気記録などの分野において、精密な位置決めや一定の接触圧力を維持することを必要とする機構部分に使用するアクチュエータを備えた機能素子及び同機能素子を備えた磁気ヘッドに関する。

【0002】

【従来の技術】 従来、電磁式のアクチュエータは電氣的にコントロールできる便利さから幅広い分野に応用されてきた。電磁式のアクチュエータは駆動力の発生源が電磁力であり、基本的にはコイルに流す電流を必要とするのに対して、圧電式は駆動力の発生源は圧電材料の逆圧電効果であり、電圧駆動されるので、基本的に消費電力の少ない構成が可能となる。反面、変位量が少なく応用できる分野は制限されてくるが、一定以下の変位量の範囲では、電磁式に比べて小型軽量、省電力さらに高速応答性などの長所を基本的に備えている。近年、機器の小型化や省電力化あるいは新しいタイプの記録方式の出現に伴って、この圧電式アクチュエータが有望視されてきた。

【0003】 圧電式アクチュエータは機構的に、次の4種に分けることができる。

- a 短板式
- b バイモルフ式（又はモノモルフ式）
- c 積層型方式
- d 超音波モータ方式

この方式を簡単に説明すると、aは圧電材料に電極を形成した単純な構成で、電界と直交する方向の変位を利用する横効果型と平行な方向の変位を利用する縦効果型に分けることができる。この方式は構成が単純で、堅牢である反面、変位量が少なく用途は極めて少ない。bは矩形の単板式を2枚張り合わせた構造で、一端を固定し他端を自由にし、片側に伸びの変形を他の片側に縮みの変形を生じさせるように電界を作用させたとき、自由端が大きく撓んで変形することを利用したもので、構成の中に変位の拡大機構を備えたものであり、比較的幅広い用途がある。また、片側が通常の弾性体である場合駆動力は半減するが、自由端には比較的大きな変位が得られることから、この方式も広く使われモノモルフと呼んでいる。但し、これらの両者に共通する欠点があり、それは変位が大きい分発生する力が弱いことである。以下の説明においてはバイモルフ式にモノモルフ式が含まれるものとする。

【0004】 cの積層型方式は、単板を厚み方向に複数個張り合わせた構成で、個々の単板には縦効果の厚み方

向に同じ方向の変位が発生するように、電界が印加されるように構成したもので、変位は積層枚数分合成されるため積層枚数分拡大され、また発生力が大きくとれることが特徴である。dの超音波モータ方式は、超音波振動子で発生する定常波や進行波を組み合わせることで回転や直進運動を得るものである。振動子は磁歪方式でもよく、必ずしも圧電式にする必要もない。以下の説明においては圧電式アクチュエータは上記a、b、cを意味することとする。本発明は、以上で説明した圧電式アクチュエータの中で、bバイモルフ式（又はモノモルフ式）のアクチュエータとそれを利用した機能素子又は該機能素子を備えた磁気ヘッドに関する

【0005】

【発明が解決しようとする課題】前項で説明する通り、バイモルフ型のアクチュエータは簡単な構成で比較的大きな変位を得ることができるため幅広い分野で利用されているが、圧電式アクチュエータに共通する問題として、変位のヒステリシスや経時変化が大きいことであり、特にバイモルフ型においてはこの問題が顕著である。これを具体的に説明すると、最初電圧を0から徐々に増大させて一定の量まで変位させた後に電圧徐々に減少させて0にした時、昇圧時と減圧時では同じ電圧に対して変位量が異なることである。したがって、変位は完全には元に戻らない。また、一定の電圧を印加した状態で放置すると変位は徐々に変化していく。この経時変化の主な原因は、構成する圧電材料や中間の弾性体材料あるいはバルク材が用いられるそれらの相互間の接着層が、長時間の変形時にクリープ変形を起こすためと言われている。特に、接着層の存在は経時変化に対して悪影響を及ぼす。

【0006】ヒステリシスの対策としては、印加電圧を制御する代わりに電極上の電荷を制御することにより改善することも行なわれているが精度面で必ずしも十分でなく、またこの方式は経時変化に対しては無効である。この点、変位を常に検知してそれを駆動電圧にフィードバックすることが可能であれば、ヒステリシスの問題や経時変化の問題が解決できる。しかし、従来の変位の検知方法が光学式や静電容量変換型の場合は構造が大がかりになるという欠点がある。

【0007】本発明で解決しようとしている課題は、簡単な構造で変位を検知し、それを駆動電源にフィードバックし、常に必要とする変位量が指定できる機能素子を提供することである。また本発明の機能素子のように、一つの素子が変位の発生と同時にこの変位を検知できる機能が実現できると、この素子に外部から物体が接触し、外力で変位した場合に発生する変位を検知し、それを駆動電圧にフィードバックすることにより、その物体との接触圧力を一定内に自己制御できる機能を持つ素子とすることが可能である。

【0008】近年、急速に小型化、高記録密度化が進展

したハードディスクドライブ（HDD）に使用されている磁気ヘッドは、記録の高密度化に伴い益々高精度化が要求されている。読み込み、書き込みは従来の浮上型に加えて、接触型も採用されるようになっている。このハードディスクドライブ方式に接触型磁気ヘッドを採用すると記録密度を著しく高めることができる。浮上方式では磁気ディスクに対してその距離が40～50ナノメートル離れているために、記録密度がそれだけ低い。これに対し、接触型では素子とディスク表面の距離を10ナノメートル以下に制御するもので、記録密度を飛躍的に向上させることができる。

【0009】しかし、これには問題があり接触型では摩擦によって磁気ディスクの平滑剤が溶けだしたり、記録・再生素子が削れてしまい、さらにその削れ屑が発生して磁気ヘッドやディスクの耐久性を低下させるという問題があった。この場合、浮上型と接触型のいずれの方法に対しても、磁気ディスクの記録トラックとヘッドとの位置関係、すなわち浮上型では磁気ヘッドと磁気ディスクの間隔と位置、接触型では接触圧力と位置などをいかに一定にしかも精度よく保つかが、安定動作上重要な課題になっている。本発明は特に、上記HDDに使用される磁気ヘッドの水平、垂直及び接触圧力の微少制御に課題に有効である。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明は、

1 アクチュエータ素子として機能する圧電体材料とセンサー機能を有する磁歪材料を積層し、圧電体材料の歪みまたは変形による変位を磁歪材料により検出して電気信号に変換し、これを圧電体材料の制御電圧にフィードバックして積層体の変位を修正することを特徴とする磁歪材料と圧電体との複合層からなる機能素子

2 磁気ディスクと一定の接触圧力をもって機能する接触型磁気ヘッドの駆動機構の一部に、アクチュエータ素子として機能する圧電体材料と変位センサー機能を有する磁歪材料を1または複数個形成し、磁気ディスクとの接触によって生ずる圧電体材料の歪みまたは変形を磁歪材料により検出して電気信号に変換し、これを圧電体材料のアクチュエータにフィードバックして圧電体材料の変位を修正することにより、磁気ヘッドを磁気ディスクに対して一定の接触圧力をもって接触させること、及び又は圧電体材料の歪みまたは変形による変位で磁気ヘッドの位置を磁気ディスクに対して水平方向に微少制御すると同時に、この変位量の基準からのずれを磁歪材料により検出して電気信号に変換し、これを圧電体材料のアクチュエータにフィードバックして圧電体材料の変位を修正することにより、磁気ヘッド部と磁気ディスク面のトラックとの位置関係を微少調節することを特徴とする磁歪材料と圧電体材料との複合層からなる機能素子を備えた磁気ヘッド

3 磁気ディスクと一定の間隔をもって機能する浮上型

磁気ヘッドの駆動機構の一部に、アクチュエータ素子として機能する圧電体材料と変位センサー機能を有する磁歪材料を1または複数個形成し、圧電体材料の歪みまたは変形による変位で磁気ヘッドの位置を磁気ディスクに対して垂直方向及び又は水平方向に微少制御すると同時に、この変位量の基準からのずれを磁歪材料により検出して電気信号に変換し、これを圧電体材料のアクチュエータにフィードバックして圧電体材料の変位を修正することにより、磁気ヘッド部の記録媒体に対する間隔及び又は磁気ディスク面内のトラックとの位置関係を微少調節することを特徴とする磁歪材料と圧電体材料との複合層からなる機能素子を備えた磁気ヘッド

4 圧電体材料及び又は磁歪材料がバルク材であることを特徴とする上記1～3のそれぞれに記載の機能素子又は該機能素子を備えた磁気ヘッド

5 圧電体材料及び又は磁歪材料が薄膜であることを特徴とする上記1～3のそれぞれに記載の機能素子又は該機能素子を備えた磁気ヘッド

6 磁歪材料がFe-Co-Si-B系合金のアモルファスであることを特徴とする上記1～5のそれぞれに記載の機能素子又は該機能素子を備えた磁気ヘッド

7 圧電体材料の歪みまたは変形による変位を磁歪材料により、1MHz～2GHzの高周波キャリアを使用して検出することを特徴とする上記1～6のそれぞれに記載の機能素子又は該機能素子を備えた磁気ヘッドを提供する。

【0011】

【発明の実施の形態】本発明は、アクチュエータ素子として機能する圧電体材料とセンサー機能を有する磁歪材料を積層し、圧電体材料の歪みまたは変形による変位を磁歪材料により検出して電気信号に変換し、これを圧電体材料の制御電圧にフィードバックして積層体の変位を修正するものであるが、以下に、圧電体材料としてバルク材を用いたケースについて具体的に説明する。なお、圧電体材料として薄膜を用いることもできる。薄膜を使用する場合にはバルク材に必要とされる接着剤が不要なので、接着剤に特有の経時変化がなく位置決めなどの精度がより向上するという利点がある。このように薄膜はこのような形成手段や特性にバルク材との差異があるが構造的には同様である。薄膜の形成手段としては、ゾル・ゲル法、スパッタリング法、CVD法などが上げられる。

【0012】弾性体基板上に電極を両面に形成した圧電体の板を両面に接着する。次に、この上面に絶縁層

(膜)を介して磁歪材料の膜を形成する。この場合、圧電体の板は弾性体基板の片面でも良いし、また圧電体の板の反対側の弾性体基板の面に磁歪材料の膜を形成してもよい。このように形成した磁歪薄膜の両端に電極を形成し、端子間インダクタンス変化から基板に撓みをインピーダンスの変化として読み取ることができる。この場

合、この磁歪薄膜の形状をミアンダーパターンにすることにより、より大きな変化としてとらえることができる。また、磁歪薄膜として鉄系アモルファス膜である軟磁性膜を使用すると、より大きな磁気機械結合係数が得られる。これによって、小さな歪みに対しても磁気特性が敏感にかつ大幅に変化するため、撓みに対して感度の高いセンサー機能を持つ素子が得られる。圧電体材料の歪みまたは変形による変位は、磁歪材料により1MHz～2GHzの高周波キャリアを使用して検出する。上記の周波数の範囲で、比較的低い周波数の場合には5μm程度の厚膜に使用でき、またより高い周波数の場合には1μm程度の薄い膜に好適である。この周波数の選択は磁性膜の厚みによって適宜選択できる。なお、1MHz未満の低い周波数の場合には機械的共振が発生してセンサーとしての機能が損なわれるので好ましくない。また、2GHzを超える周波数の場合には漏洩電波が出、磁性膜が自然共鳴し特性が劣化する。また、実質的に記録再生が困難となるので好ましくない。以上より、1MHz～2GHzの高周波キャリアを使用するのが適当である。

【0013】圧電体を圧電セラミックスで形成すると、分極した方向の電界に対して圧電体は収縮の応力が発生し、基板全体に撓みを生じさせることができる。また、逆方向の電界に対しては、圧電体は伸びの応力を発生して基板全体を、今度は反対方向に撓み変形する。このような圧電材料の撓みはゾル・ゲル法、スパッタリング法、CVD法などによる薄膜材料においても同様に発生する。次に、圧電体と磁歪薄膜との複合素子において圧電性アクチュエータにより発生する歪み又は変形とセンサー素子としてのインピーダンスの変化を検知する原理を説明する。

【0014】例として、圧電セラミックス板の上下面に電極を形成し、その厚さ方向に電圧を印加する。この場合、圧電体から発生する長手方向の応力 σ_p は数1式で与えられる。

【0015】

【数1】

$$\sigma_p = d_{31} (V/t) E_p$$

ここで、 d_{31} は圧電体の圧電定数、 V は印加電圧、 t は圧電体の厚さ、 E_p は圧電体のヤング率である。この応力 σ_p により素子全体に撓みが発生し、軟磁性膜すなわち磁歪膜が歪む。この歪み量を $\Delta L/L$ とすると、Marcusのモデル(M. Marcus, Ferroelectrics, 57(1980), 203)から、軟磁性膜の透磁率 μ は、次の数2式で与えられる。

【0016】

【数2】

$$\mu = \frac{Ms^2}{\mu_0 \{2K\mu - 3\lambda s E f (\Delta L/L)\}}$$

ここで、 M_s は軟磁性膜の飽和磁化、 $K\mu$ は一軸磁気異方性定数、 λ_s は飽和磁歪定数及び E_f はヤング率である。数2式から、圧電体で発生する応力 σ_p によって軟磁性膜が歪み $(\Delta L/L)$ 、それによって、軟磁性膜の実行的な磁気異方性が変化し、結果として透磁率 μ が変化することになる。数2式から、透磁率の変化は軟磁性膜の飽和磁歪定数のみならずヤング率の大きさにも左右されるため、その両方で決まる機械結合係数が大きい材

料が要求される。

【0017】表1に、各種材料に磁気機械結合係数の一覧を示す。表1から、鉄系アモルファスが最も高い磁気機械結合係数を有することが分かる。すなわち、本発明で用いる軟磁性材料としては上記の鉄系アモルファスが適している。

【0018】

【表1】

材 質	磁気機械結合係数 $K_m\%$
アモルファス2605S2 (鉄系)	0.99
アモルファス2605SC (鉄系)	0.98
アモルファス2605C0 (コバルト系)	0.71
Fe-4.5Co	0.5
Fe-49Co-2V	0.38
Fe-13Al	0.32
Ni	0.31
Niフェライト	0.2

【0019】次に、インピーダンス制御を説明する。軟磁性膜の電気抵抗率を ρ とすると、交流電圧を印加した場合に軟磁性膜の電気抵抗は表皮効果で変化する。その表皮厚みを δ とすると、角周波数 ω の交流に対し、次の数3式で表される。

【0020】

【数3】

$$\delta = \sqrt{\frac{2\rho}{\omega\mu_0\mu}}$$

このときの軟磁性膜のインピーダンス Z は、 $K=(1+i)/\delta$ の関係をを用いて、次の数4式で与えられる。

【0021】

【数4】

$$Z = \frac{K\rho L}{2\omega} \coth\left(\frac{Kt}{2}\right)$$

なお、 L 及び t はそれぞれ軟磁性膜の長さおよび厚さである。数4式から透磁率の変化が軟磁性膜のインピーダンスの変化として現われることになる。

【0022】このようにして、圧電体材料と軟磁性膜すなわち磁歪材料の複合構造の素子において、外部から電圧を圧電薄膜に印加することにより発生した撓み変形を、磁歪薄膜材料のインピーダンス変化として感知することになる。したがって、このインピーダンス変化から割り出した変形量と目的の変形量に差がある場合、アクチュエータに印加する電圧を制御することで、所望の変形量に維持することが可能となる。磁気ディスクと一定の間隔をもって機能する浮上型磁気ヘッドの駆動機構

の一部に上記機能素子を内蔵させ、外力で磁気ヘッド又はその支持機構が変位した場合に発生する歪み（応力）又は変位を上記機能素子が検知し、それを駆動電圧にフィードバックすることにより磁気ヘッドと磁気ディスクとの位置関係を一定内に自己制御させることができる。また、磁気ディスクと一定の接触圧力をもって機能する接触型磁気ヘッドの駆動機構の一部に上記機能素子を内蔵させ、磁気ヘッドが磁気ディスクに接触し、外力で磁気ヘッド又はその支持機構が変位した場合に発生する歪み（応力）又は変位を上記機能素子が検知し、それを駆動電圧にフィードバックすることにより磁気ヘッドと磁気ディスクとの接触圧力を一定内に自己制御させることができる。これにより、磁気ディスク表面に微少な凹凸があってもヘッドにかかる力を均等にするができ、安定した動作が可能となる。これはバルク材料または薄膜材料のいずれでも同様に機能させることができる。

【0023】

【実施例】次に、図1～図11を参照して、本発明の実施例及び特性のデータを比較データと対比しながら説明する。図1は、圧電体と磁歪薄膜を弾性体基板1の上に形成した例を示す。図1(A)では、弾性体基板1の片面に電極2が形成され分極した圧電体であるPZT系セラミック板3を接着しアクチュエーター部とした。この圧電体はゾル・ゲル法、スパッタリング法またはCVD法などにより形成したPZT系圧電体薄膜であっても良い。そして、この上に SiO_2 の絶縁膜4を介してスパッタリングにより磁歪薄膜であるアモルファス膜5を形成して歪みセンサー部とした。図1(B)では、弾性体基

板1の両面にそれぞれ電極2を設けた圧電体であるPZT系セラミック板3のアクチュエータ部を設け、その片面に絶縁膜4を介してスパッタリングにより磁歪薄膜であるアモルファス膜5を形成して歪みセンサー部を構成した。

【0024】アクチュエータ部に電源を接続し印加電圧の方向を制御することにより、PZT系圧電体は図2(A)及び(B)に模式的に示すように、上方向又は下方向に湾曲する。なお、この図2(A)及び(B)で、圧電セラミックスの分極方向は紙面上において↑方向とする。この結果、弾性体基板1上に成膜された磁歪薄膜であるアモルファス膜3の透磁率が、正の電圧が印加された場合には上昇し、負の電圧が印加された場合には低下する。すなわち、電圧の大きさによって磁歪薄膜の透磁率が増減するので、インダクタンスの変化から素子の撓みが検知できることになる。ここで、PZT系圧電体の上下面に形成した電極は平板状だけでなく、交差指状に形成してもアクチュエータとしての機能が発現できる。

【0025】さらに、具体的な例について述べる。

a 外形寸法が、長さ26mm、幅4mm、厚さ0.15mmのソフトガラス基板の片面に、Cr-Pt-Auのスパッタ膜の電極を両面に形成し分極処理した厚みが0.2mmの圧電セラミックス（トーキン商品名：N-10）をエポキシ系接着剤で接着した。この上に1000の厚みのSiO₂膜の絶縁膜を形成した後、さらにこの上面に高周波マグネトロンスパッタ装置を用いて、70.2%（原子%、以下同様）、Fe、7.8%Co、12%Si、10%Bの組成の磁歪材料となるアモルファス薄膜を、長さ10mm、幅400μm、厚さ2μmの2ターン・ミアンダーライン状にパターンを成膜した。膜の厚さは0.5μmである。成膜条件はアルゴンガス圧 2.5×10^{-3} torr、出力100Wであり、ターゲットに原子%で72%Fe、14%Si、14%Bの合金とCoペレットを用い、基板を水冷しながら作成した。

b 圧電体となるPZT系セラミックスを基板の両面に接着し、同様に高周波マグネトロンスパッタ装置を用いて、その片面に磁歪材料となるアモルファス薄膜を作成した。両面とする以外は上記aと同一の条件である。

【0026】上記のように作成したパターンの両端部にリード線を接合し、ネットワークアナライザ（HP 8752A）に接続した。矩形の素子の一端を固定し他端を自由にした状態で圧電体となるPZT系セラミック板には-80Vと+80Vの直流電圧を印加しながら磁歪膜のミアンダーライン間のインピーダンスを測定した。その結果を図3に示す。同図から500MHzを適用したとき、符号6の場合に最大17%の変化、符号7の場合に最大8%の変化が得られた。なお、図6の符号6は図1(B)の構成、符号7は図1(A)の構成の場合である。次に、このときの矩形の素子の撓み（たわみ）量を光てこ

法で測定し、撓み量とインピーダンスの関係をプロットした。なお、この場合は圧電体となるPZT系セラミックスを基板の片面に接着した上記図1(A)の例に相当するものについて測定したものである。その結果を図4に示す。明らかに撓み量とインピーダンス変化は正比例を示すことが確認できた。

【0027】このインピーダンスの変化を圧電素子側に印加する駆動電圧の値にフィードバックする系を構成した。この系の原理は磁歪素子のインダクタンスZと固定抵抗Rを直列に接続して低電圧電源Vに接続したもので、インダクタンスZの両端の電圧V₁がインピーダンスの増減に比例することを用いて。次に、差動アンプの一方の入力端子に基準となる電圧V₀を接続、他方に前述の検出電圧V₁を入力する。差動アンプの出力電圧は差の電圧に比例するので、この出力をアクチュエータ素子に印加するように構成した。即ち撓み量の増減を検知し、撓みが増える場合は電圧を下げ、逆に減少する場合は電圧を上げるように動作する。一定の撓み変化に対応する電圧量は素子の構成条件に応じて適当な値に調整した。この系で一定の電圧20Vを印加して所定の撓み量100μmになったところで、この制御系を動作させた場合と動作させない場合について、撓み変位量の基準位置からの変化の経時変化を光てこを用いた測定で20時間計測した。この結果を図5に示す。制御系の働かない場合は撓み変位量が時間の経過とともに徐々に増大している（符号9）が、制御系を動作させた場合は撓み変位量は一定の範囲内に維持されている（符号8）ことが確認できた。

【0028】図6は、本発明をハードディスクドライブの磁気ヘッド部11に適用した例を示している。磁気ヘッドのスライダ部を支持しているアーム部10に本発明の機能素子を構成した。アーム材として厚み0.3mmのリン青銅板を使用した。図7(A)及び(B)に示す寸法のリン青銅板12の片面に、Cr-Pt-Auスパッタ膜の電極を形成し分極処理した厚み0.2mmの圧電セラミックス板13（トーキン商品名：N-10）を図7(A)及び(B)の位置にそれぞれ接着した。それぞれ圧電セラミックス板の反対側の面にSiO₂絶縁膜14を1000スパッタし、さらにその上に高周波マグネトロンスパッタ装置を用いて70.2%（原子%、以下同様）Fe、12%Si、10%Bの組成の磁歪性アモルファスをマスクを用いて、長さ10mm、幅400μm、厚さ2μmの2ターン・ミアンダーライン状に形成した。ミアンダーラインの部分15はほぼ中央にくるようにした。二つの素子は図8に示すように、互いに面が直交するように結合させてはんだ付けを行った。アーム先端部に磁気ヘッドのスライダ部16を接着し、反対側の基部を固定台19に治具で固定した。アーム部の2ヵ所の圧電アクチュエータ及び撓み変形の磁歪式センサーを結合し、変位量制御システムを二組17及び18を

構成した。各々の圧電アクチュエータ部の30Vの電圧を分極方向に印加した後、スライダー部の一点についてヘッドの摺動面に対して垂直と水平方向の時間変動を、変位制御システムを働かせた場合と働かせない場合について、テレビモニター式工具顕微鏡(×100)を用いて観察した。この結果を図9のグラフに示す。変位制御システムの働きがない場合は時間の経過と共に垂直23及び水平方向22のいずれも位置変動量が増加し、一定の方向に経時変化しているが、変位制御システムの働きがある場合には垂直20及び水平21方向の位置が一定に保持されていることが確かめられ、本発明が磁気ヘッドの位置制御に有効であることが確認された。

【0029】次に、図10に示すように磁気ヘッドのスライダー摺動面に直交する方向にロードセル24の加重検知部25を接触させ、10mgの加重を加えた部分で固定した。ロードセル24はロードセルの加重検知方向に±20μmの微小振幅で振動できる機能を備えた台26に固定してある。ロードセルの固定台26を時間に対して正弦波的に振動させると磁気ヘッドとロードセル24の接触圧力は10mgを中心にして正弦波的に変化する。固定台26を0.2Hzで振動させたとき、制御システムを機能させない場合と、機能させた場合の加重の変化を図11に比較して示した。この結果から明らかにように、制御システムを機能させない場合は接触加重の振幅が大きく変動が激しい(符号27)。これに対し、本発明の制御システムを機能させた場合では接触加重の変動が小さく(符号28)、磁気ヘッドの接触圧力を効果的に制御できることが確認できた。上記については、PZT系セラミック板を用いた例について説明したが、PZT系圧電材料をゾル・ゲル法、スパッタリング法、CVD法などにより形成した薄膜としても、バルク材と同様の機能を有する。

【0030】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の機能素子は圧電体材料からなるアクチュエータと磁歪材料なる歪みセンサーの積層構造という単純な組合せにより、変位量を自己検知し制御できる高度の機能を発現させることできる。従って微小変位の制御や微少な接触圧力の制御が必要とされる分野に有効である。特に、この機能素子を具備した磁気ヘッドは摺動部分の記録媒体に対する位置の微小制御や記録媒体とスライダー部の接触圧力の自己制御が可能となり小型化高記録密度化が著しい磁気記録の信頼向上に大きく寄与できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 (A)は片面に圧電体と磁歪膜を構成した場合の本発明の機能素子、(B)は両面に圧電体及び片面に磁歪膜を構成した場合の本発明の機能素子

【図2】 印加電圧と素子変形の方法を示す模式図

【図3】 印加電圧とインピーダンスの変化率の関係を示すグラフ

【図4】 撓み変位量とインピーダンスの変化率の関係を示すグラフ

【図5】 制御機能がある場合と無い場合の変位の経時変化を示すグラフ

【図6】 ハードディスクドライブ(HDD)の磁気ヘッドの概略説明図

【図7】 (A)及び(B)はアーム部の部分概略説明図

【図8】 本発明を適用したアーム部の一例を示す概念図

【図9】 制御機能がある場合と無い場合の磁気ヘッド摺動部の水平及び垂直位置の変動を示すグラフ

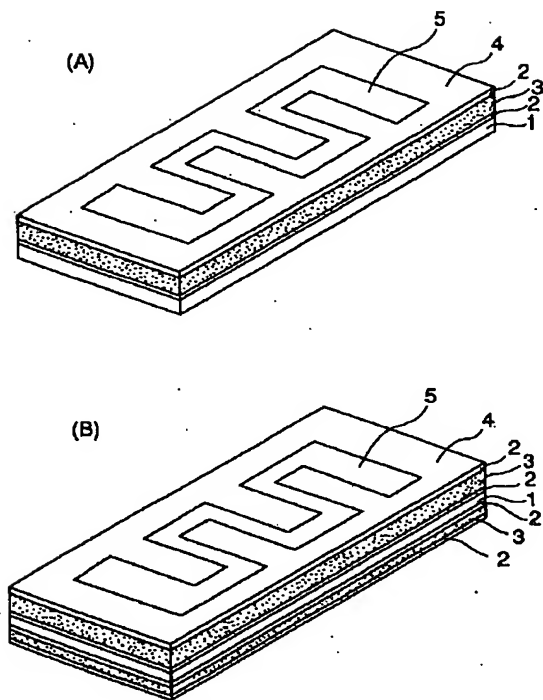
【図10】 磁気ヘッドのスライダー摺動面に直交する方向にロードセルの加重検知部を接触させて接触加重の試験を行なう加重試験装置

【図11】 制御システムを機能させない場合と機能させた場合の加重の時間変化を示すグラフ

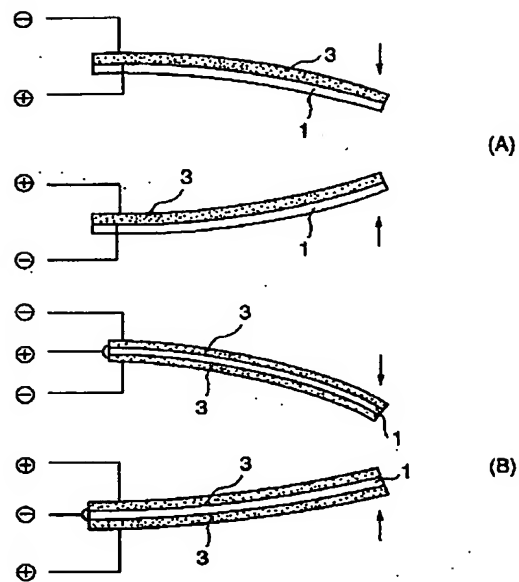
【符号の説明】

- 1 弾性体基板
- 2 電極
- 3 圧電セラミック
- 4 絶縁体膜
- 5 アモルファス膜
- 10 アーム部
- 11 ヘッド摺動部
- 12 りん青銅(弾性体)基板
- 13 圧電セラミック(電極付き)
- 14 絶縁体膜
- 15 アモルファス(磁歪性)パターン
- 16 磁気ヘッド摺動部(スライダー)
- 17 センサー付き変位素子(図7(A))
- 18 センサー付き変位素子(図7(B))
- 19 固定治具
- 24 ロードセル
- 25 ロードセル加重検知部
- 26 ロードセル駆動機構

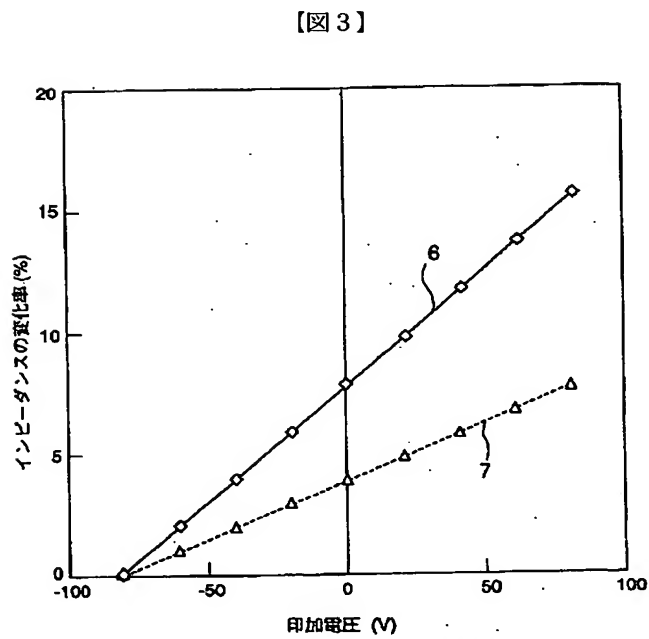
【図1】



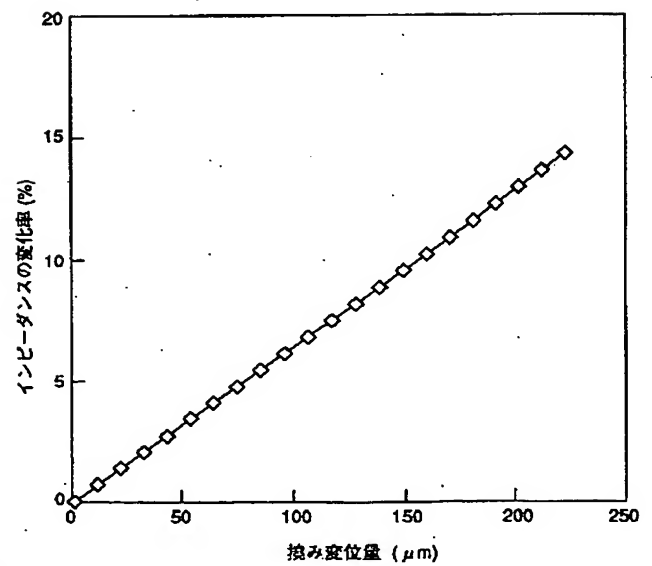
【図2】



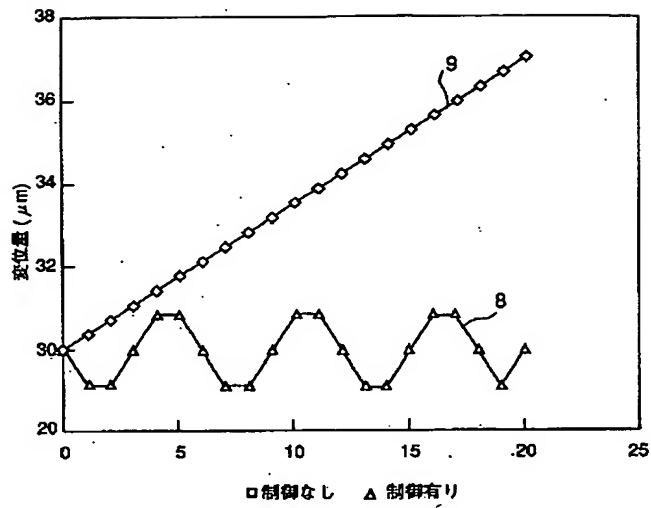
【図4】



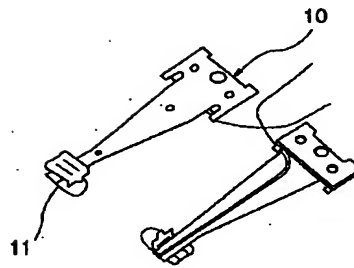
□ 図1Bの構成 △ 図1Aの構成



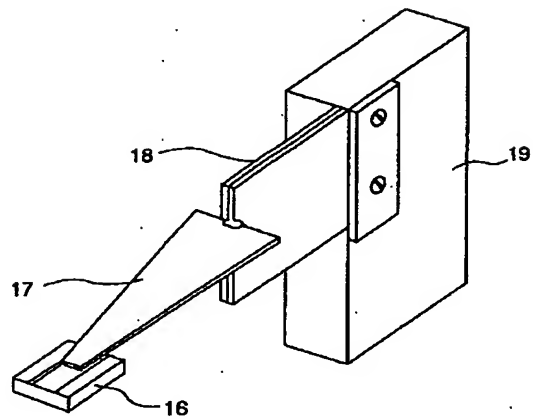
【図5】



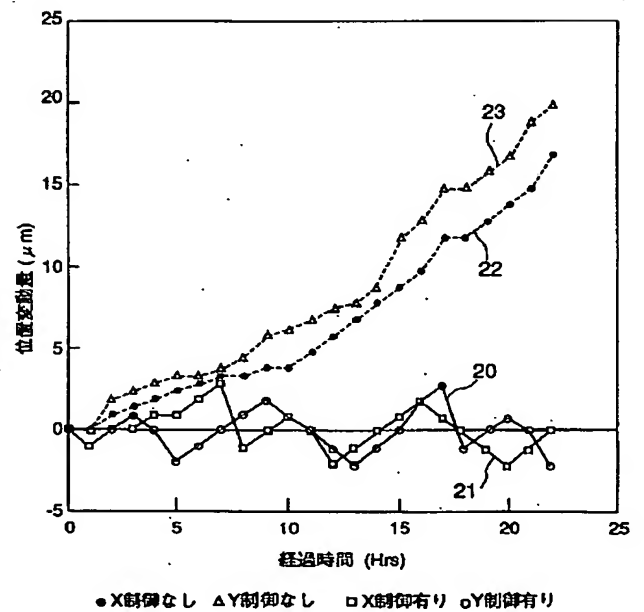
【図6】



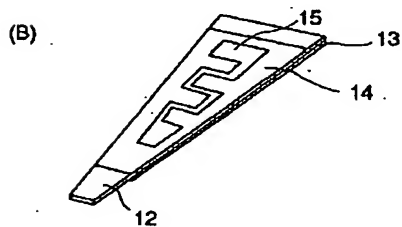
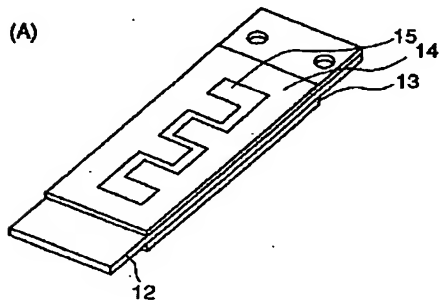
【図8】



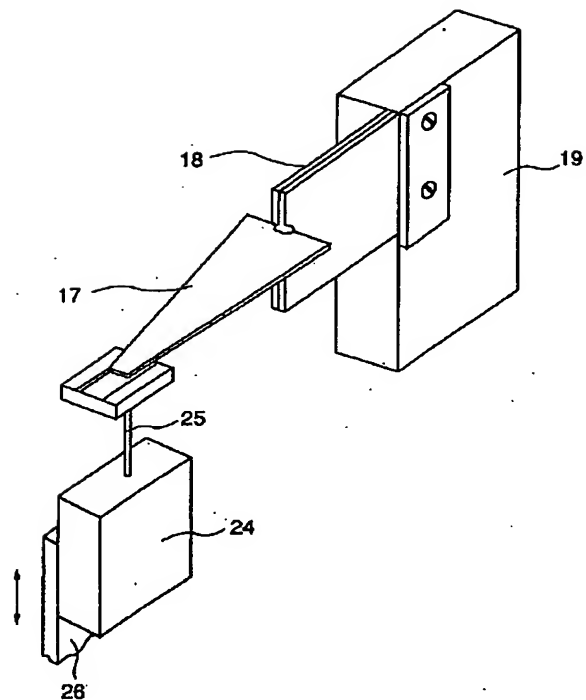
【図9】



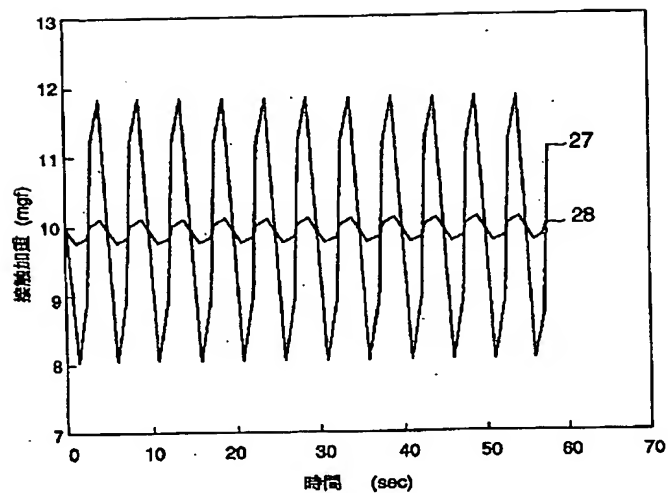
【図7】



【図10】



【図11】



フロントページの続き

(72)発明者 荒井 賢一
宮城県仙台市泉区山の寺2丁目28-9
(72)発明者 井上 光輝
宮城県仙台市太白区向山2丁目3-10 ヴィラマール向山102
(72)発明者 大槻 悦夫
宮城県仙台市太白区郡山六丁目7番1号
株式会社トーキン内

(72)発明者 田村 光男
宮城県仙台市太白区郡山六丁目7番1号
株式会社トーキン内
(72)発明者 谷 順二
宮城県仙台市青葉区通町1丁目5-11
(72)発明者 阿部 利彦
宮城県仙台市宮城野区苦竹4丁目2番1号
東北工業技術研究所内